

TEKNOLOGI TELESKOP RADIO UNTUK PENCARIAN OBJEK ANTARIKSA

Peberlin Sitompul, Timbul Manik
Pusat Pemanfaatan Sains Antariksa - LAPAN
Jl. Dr. Djundjunaan 133 Bandung 40173
Email : peberlin@bdg.lapan.go.id, timbul_m@yahoo.com

Abstrak

Teleskop atau teropong adalah perangkat yang berfungsi mengumpulkan sebanyak mungkin gelombang elektromagnetik dari objek yang sangat jauh. Teleskop radio merupakan antena parabola yang menangkap gelombang radio yang dipancarkan objek-objek langit. Untuk dapat mendengarkan cerita alam semesta yang "sayup-sayup" maka digunakan teleskop. Fisika dan matematika menjadi juru bahasanya.

Kata Kunci : Teleskop, Interferometer, Very long baseline Interferometer

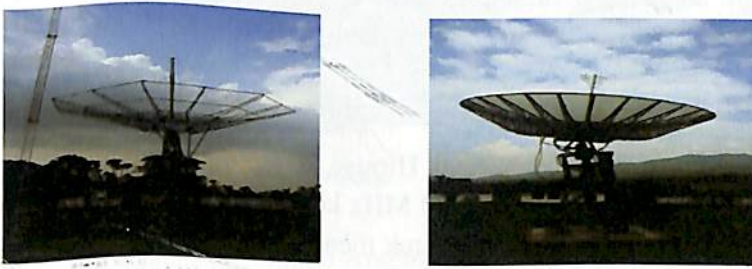
I. PENDAHULUAN

Teleskop atau teropong adalah perangkat yang berfungsi mengumpulkan sebanyak mungkin gelombang elektromagnetik dari objek yang sangat jauh. Secara umum kita kenal ada dua jenis teleskop: optik dan radio. Teleskop optik merupakan susunan cermin dan/atau lensa untuk memfokuskan cahaya. Teleskop radio merupakan antena parabola yang menangkap gelombang radio yang dipancarkan objek-objek langit. Kombinasi antara teleskop dan detektornya menentukan keandalan perangkat kerja astronom dalam mengurai kegelapan alam semesta.

II. PERKEMBANGAN TELESKOP RADIO

Semua benda langit bercerita tentang dirinya dengan pancaran gelombang EM. Fisika dan matematika menjadi juru bahasanya. Cahaya atau lebih umumnya gelombang elektromagnetik (EM), termasuk sinar-X, sinar ultra violet, sinar infra merah, dan gelombang radio. Objek yang sangat panas, seperti pada peristiwa tumbukan materi yang sangat kuat akibat tarikan Lubang Hitam (*Black Hole*), bercerita tentang dirinya dengan pancaran sinar-X. Objek-objek yang sangat dingin, seperti "embrio" bintang, bercerita banyak kepada astronom dengan pancaran sinar infra merah dan gelombang radio (Thomas Djamaluddin, 2010)

2.1. Radio Spectograph di Tanjung Sari



Gambar 1 . Antena Radio Spectograph di Tanjung Sari

$f = 57 - 1800$ MHz, B Band = $57 - 180$ MHz, C Band = $180 - 570$ MHz, D Band = $570 - 1800$ MHz, Sensitifitas = $- 80$ dBm = 10^{-8} mW

2.2. Teleskop Radio Astronomy di Bosscha Observatory

Teleskop Radio untuk penelitian dan pendidikan dibangun di Bosscha Observatory. Teleskop radio parabolic yang kecil dengan diameter 2.3 meter, bekerja pada frekuensi 1420 MHz. Disamping itu teleskop Jove radio dengan antenna *dual pole* bekerja pada 20 MHz juga sudah dibangun. Teleskop ini cocok untuk mengamati *burst* matahari harian seperti emisi decametrik Jupiter.



Gbr 2. Antena Teleskop di Boscha

Teleskop ini dapat digunakan untuk pengamatan mode spectral dengan resolusi 7.8 kHz untuk $BW = 1.2$ GHz atau resolusi 1.8 kHz dng BW lebih pendek. Resolusi beam = 7 derajat . Teleskop Radio Bosscha 2.3 m adalah instrumen radio jenis SRT (Small Radio Telescope) yang didesign oleh MIT-Haystack dan dibuat Cassi Corp. Telekop ini bekerja di $\lambda = 21$ cm, atau $f = 1400 - 1440$ MHz. Cocok untuk pengamatan hidrogen netral, ekstragalaksi dan kuasar, matahari

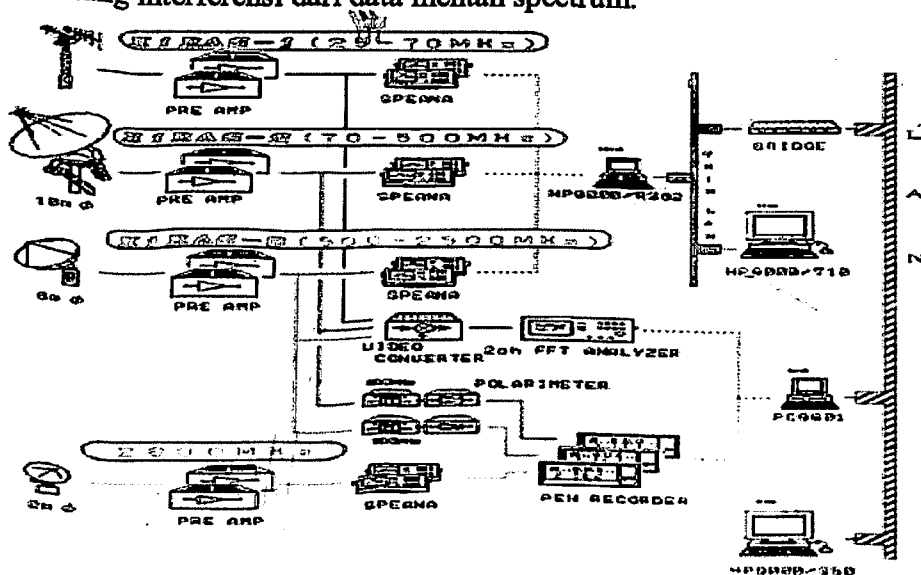


Gambar 3 . Teleskop Radio JOVE

Teleskop Radio JOVE adalah hasil rancangan NASA Radio JOVE Project yang ditujukan untuk mengamati semburan radio dr Jupiter serta semburan matahari tipe III pada $f = 20,1$ MHz. Antena = array dual-dipole.

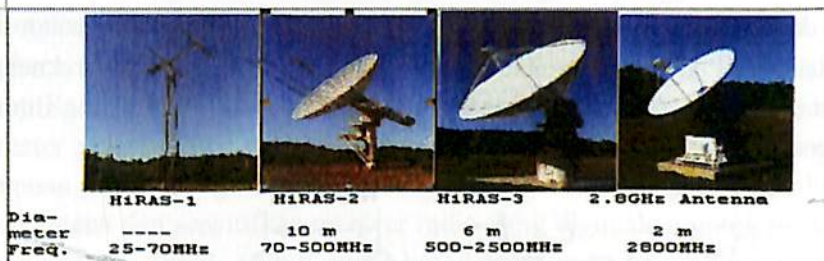
2.3. HiRAS (Hiraiso Radio Spectrograph) System

Sistem pengamatan radio matahari di Hiraiso di perbaiki tahun 1993. Lebar frekuensi spectograf awal dari 70 – 500 MHz kemudan di perlebar menjadi 25 - 2500 MHz, yang membuatnya cocok untuk mengamati emisi radio koronal yang berkaitan dengan flare. Operasinya secara otomatis, yakni antena secara otomatis mengikuti matahari dari terbit sampai terbenam, data yang diperoleh spectograph diproses oleh *workstation* untuk menghasilkan spectogram dinamik. Pada frekuensi yang dimonitor HIRAS, sinyal radio dari matahari selalu dikontaminasi oleh sinyal tambahan seperti dari siaran radio dan televisi, khususnya pada frekuensi lebih kecil dari 1 GHz. Kontaminasi ini dianggap sangat menyulitkan, untuk itu dikembangkan software yang secara efektif membuang interferensi dari data mentah spectrum.



Gambar 4. Diagram blok Solar Radio di Hiraiso

Pada gambar 5 ditunjukkan diagram blok sistem teleskop yang dipasang di Hiraiso, yang merupakan gabungan dari penerima untuk 25-70 MHz, 70-500 MHz, 500- 2500 MHz dan 2800 MHz. Pada gambar 6 ditunjukkan bentuk bentuk antena yang dipakai, untuk frekuensi yang rendah menggunakan antena yagi, sedangkan untuk frekuensi yang lebih tinggi menggunakan antena parabola.



Gambar 5. Sistem Antena di Hiroiso Observatory

Untuk mendapatkan sinyal yang lebih baik perlu karakter antena yang sangat baik, yakni antena gain, antena beam, polarisasi, seperti ditunjukkan pada tabel 1. Antena Hiras -1 dengan frekuensi 25-70 MHz mempunyai antena gain 13 dBi, dan beam width 60 derajat.

Tabel 1. Spesifikasi Antena

	HIRAS-1	HIRAS-2	HIRAS-3
DIAMETER	----	10 m	6 m
PRIMARY FEED	CROSSED 19-ELE LOG-PERI. ANTENNA	CROSSED 20-ELE LOG-PERI. ANTENNA	CROSSED 23-ELE LOG-PERI. ANTENNA
FREQUENCY RANGE	25-70MHz	70-500MHz	500-2500MHz
ANTENNA GAIN (dBi)	13	14.6 (70MHz) 22.9 (200MHz) 30.7 (500MHz)	27.6 (500MHz) 36.6 (1500MHz) 40.6 (2500MHz)
BEAM WIDTH	60 °	29 ° (70MHz) 4 ° (500MHz)	6.5 ° (500MHz) 1.4 ° (2500MHz)
POLARIZATION	RHCP and LHCP	RHCP and LHCP	RHCP and LHCP
MOUNT TYPE	AZIMUTH-ELEVATION	EQUATORIAL	AZIMUTH-ELEVATION

2.4. Stasiun Pengamatan Parkes Austarlia

Stasiun Pengamatan Parkes Austarlia adalah menggunakan teleskop dengan diameter 64 meter, yang digunakan untuk astronomi radio. Teleskop ini ditempatkan sekitar 20 km utara Parkes sepanjang jalan tol Newell, yang kira kira 380 km barat Sydney. Teleskop ini dioperasikan oleh Austarlia Telescope Nasional Facility, sebuah divisi dari CSIRO.

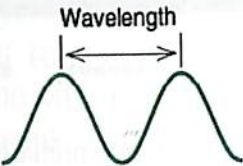
III. CARA KERJA DAN JENIS-JENIS TELESKOP

3.1. Bagaimana Teleskop Bekerja



Gambar 6. Bagian-bagian Teleskop

Sinyal dari teleskop masuk ke antenna, di fokuskan ke feed, kemudian dikirim ke penerima. Panjang gelombang sinyal dihubungkan dengan frekuensi dan kecepatan cahaya. Hubungan besar energi dan panjang gelombang ditunjukkan oleh persamaan i.

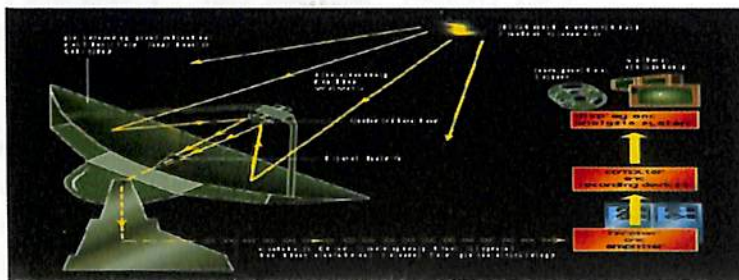
$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{hc}{E}$$

(1)

λ = panjang gel (m)

f = frekuensi (Hz), C = kec cahaya (m/det)

E = energi (erg), h = konstanta Planck (erg/s)

Radiasi elektromagnetik diemisikan oleh partikel bermuatan seperti elektron ketika mengubah kecepatan dan arahnya atau percepatannya. Secara umum, radiasi elektromagnetik diemisikan oleh mekanisme thermal dan mekanisme non-thermal. Emisi thermal yang hanya tergantung pada temperatur objek yang mengemisikan, seperti *blackbody radiation*, *free-free emission* didalam gas terionisasi dan *spectral line emission*. Emisi *non-thermal* yang tidak tergantung pada temperatur dari objek yang mengemisikan seperti radiasi synchrotron, emisi *gyrosynchrotron* dari Pulsar dan emisi yang dikuatkan dari maser di antariksa.



Gbr 7. Aliran Signal RF

Teleskop Radio digunakan untuk mempelajari emisi radio dari bintang-bintang, galaksi, quasar dan objek2 astronomi yang lain dengan $\lambda = 1 \text{ mm}$ (300 GHz) – 10 m (30 MHz). Pada λ sekitar 20 cm (1.5 GHz), irregularitas ionosfir mendistorsi sinyal yang datang. Ini menyebabkan fenomena yang dikenal dengan sintilasi . Absorpsi dari gelombang radio kosmic oleh ionosphere menjadi lebih penting bila λ meningkat. Pada λ lebih dari 10 mtr, ionosfir menjadi menghambat sinyal yang datang. Pengamatan radio dari kosmik pada λ lebih dari 10 mtr akan sulit bila menggunakan teleskope berbasis bumi. Pada λ lebih pendek dari 1 cm (30 GHz), observasi dari bumi adalah mungkin hanya

pada beberapa band panjang gelombang tertentu yang relatif bebas absorpsi atmosphere. $\lambda = 1 - 20$ cm, absorpsi atmosphere dan ionosfir relatif kecil. Teleskop Radio mempunyai 2 komponen dasar : 1. Antena Radio yang besar 2. Radiometer yang sensitif atau radio receiver. Sensitivitas teleskop radio adalah kemampuan untuk mengukur emisi radio yang lemah, tergantung dari luas dan efisiensi antena dan sensitivitas receiver radio yang digunakan untuk mendeteksi dan menguatkan sinyal. Untuk emisi broad band, sensitivitas juga tergantung pada bandwidth receiver. Sinyal radio dari kosmik sangat lemah, sehingga teleskop radio yang digunakan sangat besar dan receiver yang sangat sensitif. Sinyal kosmik sangat mudah diinterferensi radio terrestrial. Perlu usaha besar untuk melindungi teleskop radio dari interferensi yang dibuat manusia

3.2. Jenis-Jenis Teleskop

Tipe teleskop radio yang paling umum adalah reflector radio yang terdiri dari antenna parabola yang disebut dish atau *filled-aperture telescope* yang beroperasi sama dengan antenna penerima televisi satelit untuk memfokuskan radiasi yang datang ke antenna yang kecil atau disebut *feed*. Pada teleskop radio feed secara khusus adalah *waveguide horn* dan mengirimkan sinyal yang datang ke penerima radio yang sensitive. Penguat solid-state dengan derau internal yang sangat kecil digunakan untuk mendapatkan sensitivitas terbaik yang mungkin. Jenis-jenis antenna yang digunakan sebagai teleskop radio berubah design, konfigurasi dan ukuran. Untuk panjang gelombang dari 30 - 3 meter biasanya menggunakan susunan antenna directional. Bila panjang gelombang antena panjang, permukaan reflektor dibuat dari mesh kawat yang kasar. Untuk panjang gelombang yang pendek, teleskop radio tipe dish dibuat. Resolusi angular dari antena tipe dish berubah per diameter dari dish dan sebanding dengan panjang gelombang dari radiasi elektromagnetik yang diamati. Teleskop radio menyinggung ke panjang gelombang 3 meter ke 30 cm adalah lebih dari 100 meter diameter. Teleskop radio tunggal yang paling besar adalah RATAN-600 dengan diameter 576 meter dari antena sirkuler. Yang lain adalah di *Pushchino Radio Astronomy Observatory*, Rusia untuk pengamatan frekuensi rendah. Di Eropa, diameter antena 100 meter di Effelsberg, Jerman. Tipe teleskop dibagi berdasarkan panjang gelombangnya, yaitu :

3.2.1. Teleskop dengan panjang gelombang sub-milimeter :

1. Mt. Fuji 1.2 m submillimeter-wave telescope
2. Antarctic Submillimeter Telescope and Remote Observatory 1.7 m submillimeter telescope
3. Koln Observatory for Submillimeter astronomy 3 m submillimeter telescope
4. Submillimeter telescope observatory 10 m submillimeter telescope

5. Caltech submillimeter observatory 10.4 submillimeter telescope
6. James Clerk Maxwell telescope 15 m submillimeter telescope

3.2.2. Teleskop dengan panjang gelombang milimeter :

1. Very small telescope University of Tokyo – NRO 60 cm , NANTEN, Nagoya University 4 m
2. Natinal Radio astronomy observatory 12 m
3. Five college radio astronomy observatory 14 m
4. Delingha observatory 14 m, Purple mountain observatory
5. Taeduk radio astronomy observatory 14 m
6. Yebe 14 m, Calar Alto observatory, National astronomical observatory of Spain
7. Swedish-ESO submillimeter telescope 15 m
Onsala 20 m, Onsala space observatory at Chalmers University of Technology

3.2.3. Teleskop dengan panjang gelombang sentimeter dan meter :

1. Mopra 22 m, CSIRO
2. Dwingeloo 25 m, NFRA
3. Dominion radio astrophysical observatory 26 m
4. MIT Haystack radio observatory 37 m
5. Green bank 43 m (140 foot telescope) NRAO
6. Parkes observatory 64 m CSIRO
7. Jodrell bank 76 m
8. Effelsberg 100 m
9. Arecibo 305 m

3.2.4. Teleskop parabola silinder :

1. Ooty radio telescope, 530 m X 30 m aperture, NCRA
2. Molonglo observatory synthesis telescope MOST, 778 m X 12 m aperture X 2 elements
3. Northern cross, 600 m X 600 m aperture, IRA
4. RATAN 600, a 576 m circle of 595 elements

Beberapa teleskop radio dengan permukaan parabolik dipasang secara equatorial, dengan satu sumbu paralel ke sumbu rotasi bumi. Ini lebih menarik karna bisa mengikuti posisi objek ketika bumi berputar, cuma ini mahal. Kebanyakan teleskop radio modern menggunakan sebuah komputer digital digunakan untuk menggerakkan teleskop sekitar sumbu azimuth dan elevasi untuk mengikuti target. Radio teleskop di design untuk operasi pada panjang gelombang millimeter, sedangkan untuk panjang gelombang cm menggunakan antena dengan $D = 100$ meter

IV. METODA PEMROSESAN SINYAL RADIO

Radio spectrometer menggunakan sejumlah filter, yang dituning untuk memisahkan frekuensi dan detector untuk menghasilkan multi channel atau multi frequency. Sinyal dapat diubah kedalam bentuk digital dan dianalisa oleh proses matematik : autokorelasi dan transformasi fourier

3.4.1. Radio Interferometry and Aperture Synthesis

Resolusi Anguler atau kemampuan dari teleskop untuk memisahkan target secara detail, tergantung pada panjang gelombang observasi dibagi dengan ukuran dari instrument. Bahkan untuk yang paling besar, ketika digunakan pada panjang gelombang yang paling pendek, mempunyai resolusi hanya sedikit lebih baik dari 1 derajat menit yang dapat dibandingkan ke mata manusia pada panjang gelombang optik. Karna teleskop radio beroperasi pada panjang gelombang yang lebih besar dari teleskope optik. Teleskop radio harus jauh lebih besar dari teleskop optik untuk mencapai resolusi anguler yang sama



Gambar 8. Pemasangan Antena Untuk Interferometer

Resolusi anguler tinggi dari teleskop radio dicapai dengan menggunakan prinsip interferometri untuk mensintesa aperture efektif yang sangat luas dari sejumlah element antenna yang kecil. Pada interferometer radio dua element yang sederhana, sinyal dari sebuah *unresolved* atau titik, sumber berubah tiba se-fasa dan beda-fasa ketika bumi berputar dan menyebabkan perubahan pada jalur dari sumber radio ke dua elemen dari interferometer.

3.4.2. Very Long Baseline Interferometry (VLBI)



Gambar 9. Metoda VLBI

Teknik pemrosesan sinyal digunakan untuk mendeteksi sinyal radio yang sangat kecil, bahkan jutaan kali lebih kecil dari noise yang dibangkitkan di penerima.

Pada interferometer konvensional dan *array*, kabel coaxial, *waveguide*, atau fiber optic digunakan untuk mendistribusikan sinyal referensi osilator lokal ke masing-masing antenna dan juga mengembalikan sinyal yang diterima dari antenna masing-masing ke laboratorium pusat, dimana dikorelasikan dengan sinyal dari antenna yang lain. Dalam hal antenna dipasang sampai beberapa kilometer, ini menjadi tidak efektif untuk mendistribusikan sinyal.

Sistem interferometer dibentuk dengan menggunakan teknik *very long baseline interferometry (VLBI)*. Pada sistem VLBI sinyal diterima dimasing-masing element, direkam dengan rekorder tapevideo band dan ditempatkan pada masing-masing elemen. Hasil rekaman kemudian dikirimkan kelokasi dimana hasil rekaman diputarulang dan sinyal dikombinasikan untuk membentuk lingkaran interferometer. Operasi yang sangat berhasil dari sistem VLBI membutuhkan dan sinyal referensi lokal menjadi stabil.

V. KESIMPULAN

Semua benda langit bercerita tentang dirinya dengan pancaran gelombang EM. Untuk dapat mendengarkan cerita alam semesta yang "sayup-sayup" maka digunakan teleskop. Teleskop atau teropong adalah perangkat yang berfungsi mengumpulkan sebanyak mungkin gelombang elektromagnetik dari objek yang sangat jauh. Fisika dan matematika menjadi juru bahasanya.

Daftar Rujukan

<http://bosscha.itb.ac.id/teleskop-radio-23-m-mainmenu>, diakses 8 april 2010

<http://tdjamaluddin.wordpress.com>, diakses 8 april 2010

<http://www.naic.edu>, diakses 8 april 2010

<http://www.parkes.atnf.csiro.au>, diakses 8 april 2010